

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11)

EP 0 786 801 A1



(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
30.07.1997 Bulletin 1997/31

(51) Int Cl. 6: H01L 21/20

(21) Numéro de dépôt: 97400151.3

(22) Date de dépôt: 23.01.1997

(84) Etats contractants désignés:
BE DE GB IT NL

• Bruel, Michel
38113 Veurey (FR)
• Zussy, Marc
38700 La Tronche (FR)

(30) Priorité: 25.01.1996 FR 9600852

(74) Mandataire: Dubois-Chabert, Guy et al
c/o BREVATOME
25, rue de Ponthieu
75008 Paris (FR)

(72) Inventeurs:

• Biassé, Béatrice
38410 Uriage (FR)

(54) Procédé de transfert d'une couche mince d'un substrat initial sur un substrat final

(57) Ce procédé se caractérise en ce qu'il comporte les étapes successives suivantes :

- solidarisation de la couche mince (112) sur un substrat poignée (120) comprenant une zone de clivage,
- élimination du substrat initial,
- solidarisation de la couche mince (112) avec un

- substrat final (132),
- clivage du substrat poignée (120) selon la zone de clivage.

L'invention trouve notamment des applications dans la fabrication de structures tridimensionnelles de circuits intégrés.

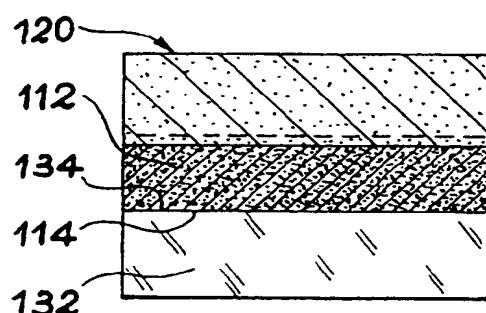


FIG. 9

Description**Domaine technique**

La présente invention se rapporte à un procédé de transfert d'une couche mince d'un substrat initial sur un substrat final.

On entend par couche mince une couche dont l'épaisseur est de l'ordre de quelques micromètres et dont le diamètre, ou une autre dimension, peut atteindre 100 mm ou plus.

Le transfert de couches minces trouve des applications en particulier dans la réalisation de dispositifs de microélectronique.

Le procédé peut être utilisé, par exemple, pour transférer des couches minces de semiconducteur monocristallin, comportant des circuits électroniques, sur une plaque de verre telle qu'une plaque d'un écran d'affichage plat à matrice active.

Une autre application du transfert de couches minces peut être la fabrication de structures tridimensionnelles de circuits intégrés.

Etat de la technique antérieure

Une couche mince, au sens de la présente invention ne peut, en raison de ses dimensions et de sa trop grande fragilité être transportée telle quelle.

Aussi, pour transporter la couche, et en particulier la transférer d'un substrat initial à un substrat final, il faut la rendre solidaire d'un substrat de transfert qui présente une épaisseur de plusieurs centaines de microns.

Un tel substrat permet alors de manipuler la couche mince. Il joue en quelque sorte le rôle d'une "poignée" et sera désigné dans la suite du texte par "substrat poignée".

Les figures 1 à 5 illustrent un procédé connu de transfert d'une couche mince d'un substrat initial à un substrat final sans retournement de la couche mince.

La figure 1 montre le substrat initial 10 et la couche mince 12.

La couche mince dans laquelle on a fabriqué, par exemple des circuits électroniques, est solidaire du substrat 10 par une première face 14. Une deuxième face 16 de la couche mince 12, opposée à la première face 14, est libre.

Un substrat poignée 20 est collé sur la deuxième face 16 de la couche mince pour obtenir la structure de la figure 2.

Les figures 3 et 4 montrent successivement l'élimination du substrat initial 10 et le collage de la première face de la couche mince 12 sur une face 30 d'un substrat final 32.

Le substrat initial est éliminé, par exemple, par abrasion mécanique.

Enfin, une dernière étape du procédé connu, représentée à la figure 5, consiste à éliminer le substrat poignée.

Le substrat poignée est totalement détruit par abrasion mécanique ou par attaque chimique. Il peut également être éliminé par combinaison de ces deux moyens. On obtient la structure de la figure 5 avec le substrat final 32 et la couche mince 12.

Au sujet de ce procédé et de l'élimination du substrat poignée on peut se reporter, par exemple, au document (1) dont la référence est indiquée à la fin de la présente description.

5 Le procédé décrit ci-dessus présente cependant un certain nombre de limitations.

En effet, l'abrasion mécanique du substrat poignée, dont l'épaisseur peut être de l'ordre de 500 µm ou plus, nécessite souvent plusieurs heures de traitement. Or, un tel traitement est susceptible d'endommager la couche mince et/ou les circuits qui y sont réalisés.

Par ailleurs, le substrat poignée est détruit lors de son élimination. Il ne peut donc pas être réutilisé pour une autre opération de transfert.

10 Un but de la présente invention est de proposer un procédé de transfert sans retournement d'une couche mince, à l'aide d'un substrat poignée dans lequel le substrat poignée n'est pas détruit, mais peut être réutilisé.

15 Un autre but de la présente invention est de proposer un procédé de transfert d'une couche mince dans lequel la couche mince ne subit pas de contrainte importante lors de l'élimination du support poignée.

Exposé de l'invention

Pour atteindre les buts mentionnés, l'invention à plus spécialement pour objet un procédé de transfert d'une couche mince d'un substrat initial sur un substrat final par l'intermédiaire d'un substrat dit substrat poignée, la couche mince présentant une première face solidaire du substrat initial et une deuxième face, opposée, libre, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes successives suivantes :

20 - solidarisation de la couche mince par sa face libre, avec une couche superficielle du substrat poignée, la couche superficielle du substrat poignée étant solidaire d'une partie massive du substrat poignée par l'intermédiaire d'une zone de clivage,

25 - élimination du substrat initial,

- solidarisation de la première face de la couche mince avec une face du substrat final,

- clivage du substrat poignée selon la zone de clavage.

30 La couche mince peut contenir des éléments actifs. Dans ce cas, cette couche est en matériau semiconducteur et les éléments actifs sont réalisés avant l'étape de solidarisation avec le substrat poignée.

35 Le clivage permet ainsi d'éliminer la partie massive du substrat poignée. Il ne reste sur la deuxième face de la couche mince que la couche superficielle du substrat

poignée. Cette couche superficielle, très fine, peut, dans certains cas, être laissée en place sur la couche mince. Elle peut jouer alors le rôle d'une couche de passivation de la couche mince, par exemple.

Il est possible aussi d'éliminer la couche superficielle par gravure ou toute autre technique adaptée.

Ainsi, grâce au procédé de l'invention, la couche mince ne subit pas de contrainte importante. En particulier, elle ne subit pas les contraintes d'un traitement d'abrasion mécanique.

La solidarisation entre la couche mince et le substrat poignée, de même que la solidarisation de la couche mince sur le substrat final peuvent être réalisés soit par un collage adhésif utilisant une colle, soit par un collage direct, c'est-à-dire sans composé adhésif. Ces opérations sont expliquées plus en détail dans la suite de la description.

Selon un autre aspect de l'invention, l'élimination du substrat initial peut se faire par détachement de ce substrat de la couche mince ou par destruction du substrat.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront mieux de la description qui va suivre, en référence aux figures des dessins annexés, donnée à titre purement illustratif et non limitatif.

Brève description des figures

- les figures 1 à 5 sont des coupes schématiques de structures comprenant une couche mince et illustrent différentes étapes d'un procédé connu de transfert d'une couche mince d'un substrat initial vers un substrat final,
- la figure 6A est une coupe schématique d'un substrat dit substrat poignée tel qu'utilisé dans le procédé de l'invention,
- la figure 6B est une coupe schématique d'une structure comportant le substrat initial et une couche mince, telle qu'utilisée dans le procédé de l'invention, et
- les figures 7 à 10 sont des coupes schématiques de structures comportant la couche mince et illustrant des étapes du procédé de l'invention.

Exposé de modes de mise en oeuvre de l'invention

Des éléments des figures 6A, 6B et 7 à 10, identiques ou similaires à des éléments des figures 1 à 5, portent, dans la suite de la description, des références identiques auxquelles on a ajouté la valeur 100.

Comme le montre la figure 6A, le substrat poignée 120 utilisé dans le procédé de l'invention présente une partie massive 122 et une couche superficielle 124. La partie massive et la couche superficielle sont séparées par une zone de clivage 126.

La zone de clivage est obtenue, par exemple, par implantation à travers une face 128 du substrat 120 d'ions hydrogène H^+ à une dose supérieure à $3.10^{16} \text{ cm}^{-2}$ et une énergie inférieure à 50 keV. Ces ions

implantés forment, à la profondeur moyenne de pénétration des ions, une couche de microbulles gazeuses qui définit la zone de clivage 126.

Lorsque le substrat poignée 120 est en silicium, avec les valeurs indiquées pour la dose et l'énergie d'implantation, la zone de clivage est située à une profondeur de l'ordre de $0,5 \mu\text{m}$ de la face 128 du substrat. Ceci correspond donc à l'épaisseur de la couche superficielle 124.

Pour la réalisation d'une zone de clivage par implantation ionique d'ions de gaz rare ou d'hydrogène, dans un substrat, on peut se reporter au document (2) dont la référence est indiquée à la fin de la présente description.

La figure 6B montre le substrat initial 110 et la couche mince. Elle est semblable à la figure 1 déjà décrite. La couche mince présente une première face 114 solidaire du substrat et une deuxième face 116, libre.

La structure formée du substrat initial 110 et de la couche mince peut être une structure de type SOI (silicium sur isolant). Elle comporte alors une fine couche de silicium contenant éventuellement des circuits intégrés et formant ladite couche mince, une couche d'oxyde de silicium que l'on peut considérer comme faisant partie également de la couche mince, et une partie massive de silicium qui constitue le substrat initial.

La figure 7 illustre l'étape de solidarisation du substrat poignée 120 sur la structure comprenant le substrat initial 110 et la couche mince 112.

La couche superficielle 124 du substrat 120 est collée sur la face 116 de la couche mince.

Le collage peut être adhésif, c'est-à-dire un collage par l'intermédiaire d'une colle d'un type résistant à des températures élevées.

Le collage peut aussi être direct. Dans ce cas, on effectue une préparation des faces 116 et 128 par polissage mécanochimique et/ou nettoyage chimique.

Les surfaces ainsi préparées sont mises en contact et la structure obtenue est recuite sous atmosphère d'azote.

La température du recuit est choisie de façon à obtenir une bonne tenue mécanique de l'ensemble formé par le substrat poignée et la couche mince. Elle est toutefois choisie suffisamment basse pour ne pas dégrader d'éventuels circuits intégrés formés dans la couche mince. Par exemple, si la couche mince contient des parties conductrices en aluminium, il convient que la température de recuit n'excède pas 450°C.

De la même façon, il convient de choisir la température de recuit de telle façon qu'elle ne provoque pas un clivage prématuré du substrat poignée 120. A titre d'exemple, le recuit est réalisé à une température de l'ordre de 350°C.

Une étape suivante du procédé est l'élimination du substrat initial. Elle est illustrée par la figure 8.

Plusieurs possibilités de mise en oeuvre de l'invention peuvent être envisagées pour cette étape.

Lorsque la solidarisation du substrat poignée avec

la couche mince est réalisée avec une énergie de liaison supérieure à l'énergie de liaison entre la couche mince et le substrat initial, on peut détacher le substrat initial par arrachement.

À cet effet, on exerce sur le substrat initial et le substrat poignée des forces de traction opposées aptes à provoquer un arrachement du substrat initial selon la première face de la couche mince.

Selon une variante de mise en œuvre de l'invention, on peut prévoir dans le substrat initial, une couche de matériau sacrificiel. Cette couche est de préférence prévue sur la face du substrat initial en contact avec la première face 114 de la couche mince, c'est-à-dire à l'interface substrat initial-couche mince.

L'élimination par voie chimique de cette couche sacrificielle permet de libérer le substrat initial qui peut éventuellement être réutilisé. On peut à ce sujet se reporter au document (3) dont la référence est indiquée à la fin de la présente description.

Selon une autre variante, le substrat initial peut aussi être totalement détruit par abrasion mécanique, par attaque chimique ou encore par combinaison de ces deux moyens.

À titre d'exemple, lorsque le substrat initial est du type silicium sur isolant, son élimination comporte une abrasion mécanique, c'est-à-dire un rodage ou une rectification de la partie massive de silicium. Ensuite, une attaque chimique par TMAH (Tetra Methyl Ammonium Hydroxyde) permet d'éliminer l'épaisseur restante de silicium qui est de l'ordre de quelques dizaines de microns. Lors de cette attaque chimique, la couche d'oxyde de silicium de la structure SOI sert de couche d'arrêt de gravure.

La figure 9 montre la structure obtenue après solidarisation de la première face 114 de la couche mince avec la face superficielle 134 du substrat final 132. Le substrat final 132 est par exemple une plaque de verre. De même que pour la solidarisation du substrat poignée sur la couche mince, il est possible pour la solidarisation avec le substrat final de réaliser soit un collage adhésif avec de la colle soit un collage direct.

Le collage direct comporte la préparation des faces 114 et 134 par polissage mécanochimique et/ou nettoyage chimique, la mise en contact de ces surfaces et, éventuellement un recuit sous atmosphère d'azote de la structure ainsi obtenue.

Le recuit, effectué à une température de l'ordre de 350°C, permet d'améliorer l'adhérence.

Une étape suivante du procédé de l'invention est l'élimination du substrat poignée qui s'effectue par clivage dans la zone de clivage 126 (voir figure 6A).

Le clivage du substrat poignée est provoqué par un traitement thermique. Ce traitement thermique provoque par un effet de réarrangement cristallin dans le substrat poignée et par un effet de pression dans la couche de microbulles gazeuses une séparation de la partie massive de la couche superficielle. On obtient ainsi la structure représentée à la figure 10 où seule la couche

superficielle 124 du substrat poignée reste sur la face 116 de la couche mince.

Le traitement thermique peut être commun avec le recuit correspondant au collage de la couche mince sur le substrat final.

Les conditions du traitement thermique et/ou du recuit de collage, c'est-à-dire leur température et leur durée sont choisies suffisantes pour provoquer le clivage et obtenir une bonne tenue mécanique de la couche mince sur le substrat final.

La température est choisie cependant suffisamment basse pour ne pas dégrader d'éventuels circuits ou dispositifs électroniques formés dans la couche mince.

À titre d'exemple, le traitement thermique peut être effectué à 450°C pendant 30 minutes.

Le clivage peut être complété par une étape de gravure pour éliminer la couche superficielle 124 restant sur la couche mince. Elle peut par exemple être éliminée par une attaque chimique TMAH.

La couche 124 peut aussi, dans certains cas, être préservée comme une couche de passivation de la couche mince.

25 DOCUMENTS CITES DANS LA PRESENTE DEMANDE

1)

30 Evaluation of cubic (cumulatively bonded IC) devices de Y. HAYASHI, 9th Symposium on future electronic devices, November 14-15, 1990, pages 267-272

2)

35 FR-A-2 681 472

3)

FR-A-2 715 503

40

Revendications

1. Procédé de transfert d'une couche mince (112) d'un substrat initial (110) sur un substrat final (132) par un substrat (120) dit substrat poignée, la couche mince présentant une première face (114) solidaire du substrat initial (110) et une deuxième face (116), opposée, libre, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes successives suivantes :

- solidarisation de la couche mince par sa face libre (116), avec une couche superficielle (124) du substrat poignée (120), la couche superficielle (124) du substrat poignée étant solidaire d'une partie massive (122) du substrat poignée (120) par l'intermédiaire d'une zone de clivage (126),
- élimination du substrat initial (110),

- solidarisation de la première face (114) de la couche mince (112) avec une face (134) du substrat final (132),
- clivage du substrat poignée (120) selon la zone de clivage (126).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on élimine en outre la couche superficielle (124) du substrat poignée restant en contact avec la deuxième face (116) de la couche mince (112) après clivage.

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on élimine le substrat initial (110) par au moins un moyen choisi parmi l'abrasion mécanique et l'attaque chimique.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'on utilise un substrat initial (110) en silicium, relié à la couche mince (112) par l'intermédiaire d'une couche d'oxyde de silicium et en ce qu'on élimine le substrat initial (110) successivement par :

- une abrasion mécanique, et
- une attaque chimique avec arrêt sur la couche d'oxyde de silicium.

5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on élimine le substrat initial (110) en le détachant de la couche mince (112) selon sa première face (114).

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'on détache le substrat initial (110) en exerçant sur le substrat initial et le substrat poignée (120) des forces de traction opposées aptes à provoquer un arrachement du substrat initial selon la première face (114) de la couche mince (112).

7. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'on détache le substrat initial (110) par élimination d'une couche sacrificielle de surface du substrat initial, en contact avec la première face de la couche mince.

8. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la solidarisation de la couche mince (112) sur le substrat poignée (120) comporte :

- le polissage mécanochimique et/ou le nettoyage chimique de la deuxième face (116) de la couche mince (112),
- le polissage mécanochimique et/ou nettoyage chimique d'une face (128) de la couche superficielle (124) du substrat poignée (120),
- mise en contact de la deuxième face (116) de la couche mince (112) et de la face (128) de la couche superficielle (124) du substrat poignée,

5

9. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la solidarisation de la couche mince (112) sur le substrat final (132) comporte :

- recuit de la structure ainsi obtenue.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

- le polissage mécanochimique et/ou le nettoyage chimique de la première face (114) de la couche mince (112) et de ladite face (134) du substrat final (132),

- la mise en contact desdites faces (114, 134),

- le recuit de la structure ainsi obtenue.

10. Procédé selon la revendication 8 ou 9, caractérisé en ce que le recuit est effectué à une température de l'ordre de 350°C.

11. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'au moins l'une des solidarisations de la couche mince (112) sur le substrat poignée (120) et de la couche mince (112) sur le substrat final (132) est un collage adhésif utilisant une colle.

12. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le clivage comprend un traitement thermique pour provoquer une séparation de la partie massive (112) et de couche superficielle (124) du substrat poignée (120) selon une couche de microbulles formant la zone de clivage (126).

13. Procédé selon la revendication 9 et la revendication 12, caractérisé en ce que le recuit de l'étape de solidarisation de la couche mince (112) sur le substrat final (132) comprend ledit traitement thermique de clivage.

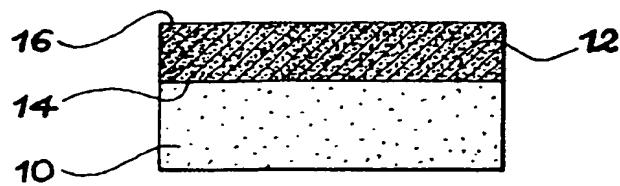


FIG. 1

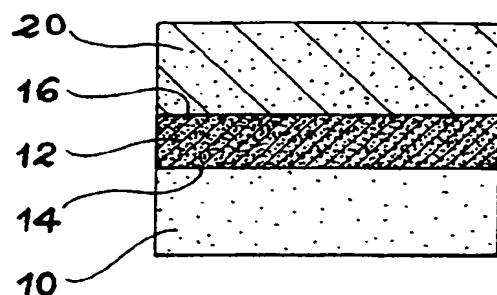


FIG. 2

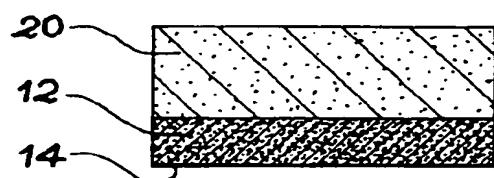


FIG. 3

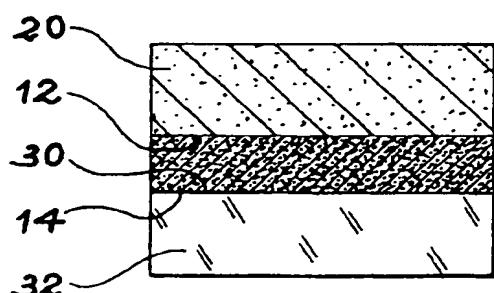


FIG. 4

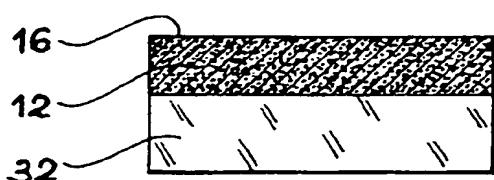


FIG. 5

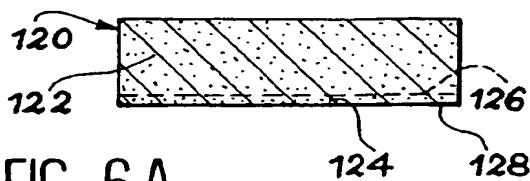


FIG. 6A

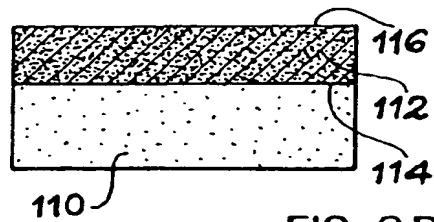


FIG. 6B

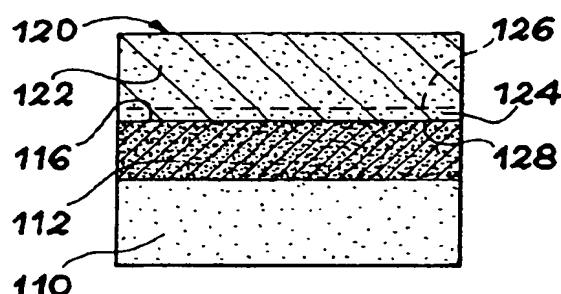


FIG. 7

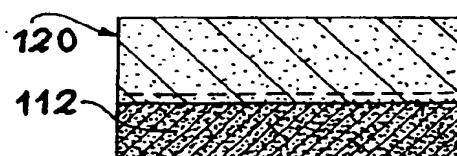


FIG. 8

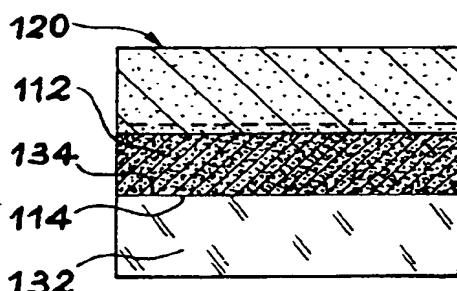


FIG. 9

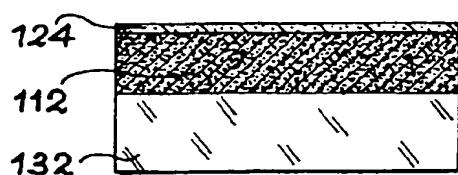


FIG. 10



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 97 40 0151

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS									
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)						
A	HAMAGUCHI T ET AL: "Device layer transfer technique using chemi-mechanical polishing", JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, PART 2 (LETTERS), OCT. 1984, JAPAN, VOL. 23, NR. 10, PAGE(S) L815 - L817, ISSN 0021-4922 XP002017016 * figure 2 *	1	H01L21/20						
A	EP 0 665 587 A (COMMISARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE) * revendications 10-12 *	1,12							
P,X	EP 0 703 609 A (COMMISARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE) * revendications 1-16; figures 1-4 *	1,12							
A	EP 0 533 551 A (COMMISARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE) * revendications 1-4; figures 1-4 *	1,12							
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)						
			H01L						
<p>Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Lieu de la recherche</td> <td style="width: 33%;">Date d'achèvement de la recherche</td> <td style="width: 33%;">Examinateur</td> </tr> <tr> <td>LA HAYE</td> <td>18 Mars 1997</td> <td>Vancraeynest, F</td> </tr> </table>				Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur	LA HAYE	18 Mars 1997	Vancraeynest, F
Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur							
LA HAYE	18 Mars 1997	Vancraeynest, F							
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; vertical-align: top;"> X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire </td> <td style="width: 33%; vertical-align: top;"> T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons a : membre de la même famille, document correspondant </td> </tr> </table>				X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire	T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons a : membre de la même famille, document correspondant				
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire	T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons a : membre de la même famille, document correspondant								